

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-261001

(43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.CI.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 2001-375879

(71)Applicant : CARL-ZEISS-STIFTUNG TRADING
AS CARL ZEISS

(22)Date of filing : 10.12.2001

(72)Inventor : HAMM UWE W

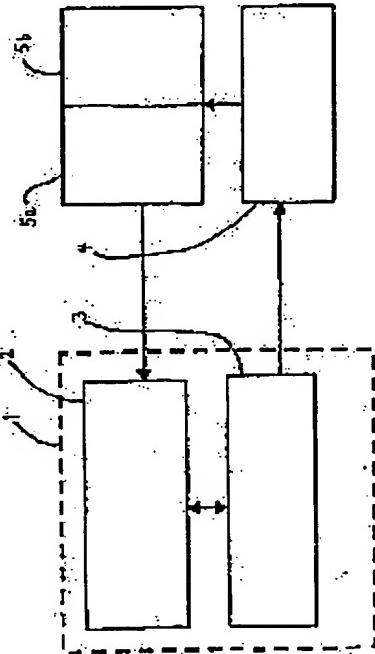
(30)Priority

Priority number : 2000 10061248 Priority date : 09.12.2000 Priority country : DE

(54) METHOD AND APPARATUS FOR DECONTAMINATING EUV LITHOGRAPHIC UNIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for decontaminating an EUV lithographic unit.
SOLUTION: The EUV lithographic unit has a vacuum or an inert gas therein, but cannot completely prevent the presence of a hydrocarbon and/or another carbon compound therein. Such a carbon compound is connected with a contamination of an optical member, and thereby the member loses its reflectivity. In order to deal with such a state, it is proposed to continuously decide a contamination degree during operating of the EUV lithographic unit such as, for example, by a crystal microbalance. An oxygen is supplied into the lithographic unit depending upon the contamination degree. The oxygen is bonded to an exposure radiation to again decompose the contamination during operating of the lithographic unit. To this end, the EUV lithographic unit comprises at least one measuring unit (3), and a managing/control unit (4) connected to the unit (3). The managing/control unit is further connected to an oxygen supply unit (5a).



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-261001

(P2002-261001A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl.
H 01 L 21/027
G 03 F 7/20

識別記号
503

F I
G 03 F 7/20
H 01 L 21/30
503
517
531 A

テマコード (参考)

2 H 097

503 G 5 F 046

(21) 出願番号 特願2001-375879(P2001-375879)
(22) 出願日 平成13年12月10日 (2001.12.10)
(31) 優先権主張番号 1 0 0 6 1 2 4 8 . 2
(32) 優先日 平成12年12月9日 (2000.12.9)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 501132332
カールツァイス・シュティフトゥング・
トレーディング・アズ・カール・ツァイス
Carl Zeiss Stiftung
trading as Carl Zeiss
ドイツ連邦共和国、89518 ハイデンハイム (番地なし)
(72) 発明者 ウベ・ペー・ハンム
ドイツ連邦共和国、89729 ランゲナウ、
アーホルンベーグ 43
(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

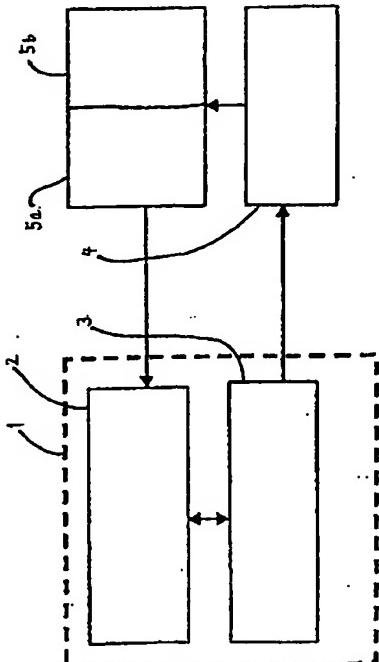
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 E UVリソグラフィ装置の除染をする方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 E UVリソグラフィ装置の除染をする方法および装置

【解決手段】 E UVリソグラフィ装置は内部に真空または不活性ガスを有しているものの、炭化水素および/またはその他の炭素化合物が装置内部に存在するのを完全に防止することはできない。こうした炭素化合物は光学部材の汚染につながり、それによって光学部材は反射性を失ってしまう。こうした事態に対処するため、E UVリソグラフィ装置の作動中、例えば水晶マイクロバランスによって継続的に汚染度を判定することが提案される。汚染度に依存して、リソグラフィ装置の内部に酸素が供給される。酸素は露光放射と結びついてリソグラフィ装置の作動中に汚染を再び分解する。E UVリソグラフィ装置はそのため少なくとも1つの測定装置(3)と、これと接続された管理・制御装置(4)とを備えており、管理・制御装置はさらに酸素供給部(5a)と接続されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 E UVリソグラフィ装置の除染をする方法であって、最新の汚染度を測定する第1の工程と、少なくとも1つの所定の閾値と汚染度を比較する第2の工程と、リソグラフィ装置への酸素供給量を適合化する第3の工程と、前記第1ないし第3の工程を反復する第4の工程とを具備し、すべての前記工程を露光動作中に実行する方法。

【請求項2】 前記酸素供給量の適合化に加えて、150nmから300nmの間の波長の紫外放射線をE UVリソグラフィ装置に照射する、請求項1記載の方法。

【請求項3】 共振周波数の変化によって汚染表面上の質量被覆の変化に反応する、1つまたは複数の発振器によって前記汚染度を測定する、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 反射性の測定によって前記汚染度を判定する、請求項1または2記載の方法。

【請求項5】 エリブソメトリーによって前記汚染度を判定する、請求項1または2に記載の方法。

【請求項6】 光電流の測定によって前記汚染度を判定する、請求項1または2に記載の方法。

【請求項7】 酸素供給中に残留ガス測定によって前記汚染度を判定する、請求項1ないし6のいずれか1に記載の方法。

【請求項8】 たとえ1つの閾値を設定し、この閾値を越えると 1×10^{-10} mbarから 1×10^{-8} mbarの分圧の範囲内で酸素を供給し、閾値を下回れば酸素供給を停止する、請求項1ないし7のいずれか1に記載の方法。

【請求項9】 前記E UVリソグラフィ装置の光学部材の除染をする装置において、1つまたは複数の光学部材の汚染度を測定するための少なくとも1つの測定装置

(3)と、これと接続された管理・制御装置(4)とを含んでおり、この管理・制御装置はさらにE UVリソグラフィ装置に酸素供給を行う装置(5a)と接続されており、測定された汚染度と少なくとも1つの所定の閾値とを比較するとともに、その都度の比較結果に依存して酸素供給量を制御するように構成されている、除染をする装置。

【請求項10】 150nmから300nmの間の波長の光を放射するための少なくとも1つの光源(5b)を有している、請求項9に記載の装置。

【請求項11】 前記少なくとも1つの測定装置(3)が、前記リソグラフィ装置の内部に配置されるべき少なくとも1つの水晶マイクロバランス(3)を有している、請求項9または10に記載の装置。

【請求項12】 前記測定装置(3)が少なくとも1つの別の光源と、リソグラフィ装置の内部に配置されるべ

き少なくとも1つの検出器とを有している、請求項9または10に記載の装置。

【請求項13】 前記少なくとも1つの光源の光路の中に、光源の付近に偏光子が配置されるとともに検出器の付近に分析器が配置されている、請求項12に記載の装置。

【請求項14】 前記測定装置(3)が、前記E UVリソグラフィ装置の光学部材(2)に接続された光電流を測定する手段を有している、請求項9または10に記載の装置。

【請求項15】 前記管理・制御装置(4)に接続された測定装置が残留ガス測定装置として構成されている、請求項9ないし14のいずれか1に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、E UVリソグラフィ装置の現場での除染をする方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 E UVリソグラフィ装置は、例えば集積回路等の半導体モジュールを製造する際に使用される。

20 極端紫外線の波長領域(例えば13.4nmの波長)で作動するリソグラフィ装置は、光学部材として、主に、例えばモリブデンやシリコンからなる多層システムを有している。E UVリソグラフィ装置は内部に真空または不活性ガスを有しているものの、炭化水素および/またはその他の炭素化合物が装置内部に存在するのを完全に防止することはできない。このような炭素化合物は、極端紫外放射線によって分解し、このことは、炭素を含んだ汚染被膜が光学部材の上に沈降するという結果につながる。こうした炭素化合物による汚染は、光学機能面の有意な反射損失につながり、このことはE UVリソグラフィ法の経済性に著しい影響を与える。

30 【0003】 汚染の問題は、リソグラフィ装置で大きな意義を有しているばかりではない。

【0004】 国際公開番号WO 87/02603には、清浄化されるべき外面に酸素放射または酸素イオン放射を当てるによつて、衛星、宇宙船、ロケット、探査機などを飛行中に清浄化する方法が記載されている。追加のオゾンを生成するのに太陽の紫外線が利用される。

40 酸素もオゾンも、炭素汚染と反応して揮発性の化合物になる。清浄化プロセスを制御するために、すなわち清浄化プロセスをいつ始めて、いつ終わらせるべきかを判定するために、センサーが設けられていてよい。

【0005】 米国特許第5,024,968号によれば、200ないし300nmの波長をもつ紫外線レーザによって、基板、特にシリコン基板が炭素化合物の汚染から清浄化される。このときレーザの調整は、残留ガスの分析結果を通じて制御される。新たな汚染に対する措置として、基板に不活性ガスを吹き付ける。

【0006】 歐州特許第0660188B1号において

3

も、汚染の生成に対する措置として、不活性ガスと、外部で製造された若干のオゾンとをレンズシステムに吹き付ける。

【0007】E. D. Johnsonらの刊行物NIM A266(1988)381には、X線モノクロメータを現場で白熱放電によって清浄化することが解説されている。そのために、酸素および水の供給部を備える白熱放電リアクタを、モノクロメータボックスと直接連結する。清浄化プロセスはおよそ24時間続く。清浄化プロセスの最終点は、例えば残留ガス分析や分光測光分析によって知ることができる。汚染度を測定するために手間のかかる一つの方法は、モノクロメータボックスをときどき排気して、モノクロメータの反射率を測定することである。

〔0008〕特願平11-329931A号によれば、電子ビームリソグラフィを実行している間にマスク上で電気抵抗を測定して、マスクの汚染を清浄化する必要があるかどうかを判定する。リソグラフィ装置には複数のマスクがあるので、一つのマスクを清浄化しなければならなくなるとただちに、備蓄されている別のマスクをその代わりにすることができる。清浄化されるべきマスクを光路から取り出して、副室の中で紫外線照射と酸素の吹き付けによって清浄化する。

〔0009〕 欧州特許第0421745B1号には光学部材の除染をする装置が記載されている。そのために、清浄化されるべき光学部材を収容するための反応室に加えて、ガス供給装置と、所望の波長領域の放射線を選択するための選択装置とが設けられている。具体的には、主として炭素化合物をベースとする汚染を光化学的に食刻するために酸素と紫外線が使用される。

【0010】欧洲特許第0874283A2号にはリソグラフィ装置が記載されている。透過性の測定によって汚染度を装置内部で決定し、閾値を超えているときにはその場で清浄化工程が開始される。清浄化には、露光に使用する紫外線(A_rFレーザ、193nm)が用いられる。この目的のために露光工程を中断し、例えばブリズム等の光学部材を光路に入れ、この光学部材が光路を変えて、できるだけ多くの部位がリソグラフィ装置の内部で照明されるようにする。リソグラフィ装置の内部では、窒素気体が生成されている。清浄化の効果を向上させるために、酸素、オゾン、または酸素遊離基を窒素に添加することができる。清浄化の途中でも、透過性の測定によって汚染度を判定して、閾値を下回っていれば清浄化プロセスを終了する。

[0011]

【発明が解決しようとする課題】以上を背景とする本発明の課題は、停止時間が回避されるとともに、清浄化されるべきEUVリソグラフィ装置の設備上の改変が少なく抑えられるような、EUVリソグラフィ装置の除染をする方法および装置を提供することである。

[0012]

【課題を解決するための手段】この課題は、請求項1記載の方法ならびに請求項9記載の装置によって解決される。

〔0013〕すなわち驚くべきことに、汚染度が継続的に判定されて所定の閾値と比較されている場合、リソグラフィ装置に酸素を的確に供給すれば、露光に用いられる放射が、その露光光路で装置内部の汚染を清浄化するのに十分であることが発見されたのである。最新の汚染

- 10 度によって、リソグラフィ装置への酸素供給量が適量化される。供給される酸素は露光光路の中で活性化され、拡散と若干の対流によってリソグラフィ装置の内部全体に分散して、汚染被膜と反応する。

【0014】汚染度を継続的に監視することで、汚染が通常の露光動作をまだ損なわない程度の少ないときに、清浄化プロセスがすでに開始されることが保証される。しかも、継続的な汚染度の監視によって汚染度のわずかな変化でも検出されるので、EUVリソグラフィ装置を除染するのに非常にわずかな酸素粒子圧でも十分なよう

- 20 に酸素供給量を適合化することもでき、このことは、露光動作にマイナスの影響を及ぼさない程度の少量の酸素しか、リソグラフィ装置の中に存在しないという利点をもたらす。

〔0015〕極端紫外線の波長領域、特に13.4nmの波長領域の露光照射により、供給された酸素分子O₂は反応性の高い酸素原子に分解され、さらにこの酸素原子が、光学部材の上にある炭素化合物をベースとする汚染被膜を酸化分解する。酸素供給量が多すぎると、清浄化の後で、モリブデン・シリコン多層システムのシリコ

- 30 ン層が酸化作用を受けることになる。そうすると表面に石英層(二酸化ケイ素 SiO_2)が形成されることになり、この石英層が汚染と同じように反射損失を引き起すことにつながる。しかし本発明の方法により、このような表面劣化も防止される。というのも、本発明の方法によって、炭素を含有する汚染被膜全部が除去され、かつ、炭素を含有する汚染被膜だけが除去されるだけの量の酸素が正確に供給されるからである。

【0016】EUVリソグラフィ装置の光学部材を除染するための本発明による装置は、1つまたは複数の光学

- 40 部材の汚染度を測定するための少なくとも1つの測定装置と、これと接続された管理・制御装置とを有しており、この管理・制御装置はさらに酸素の供給を行う装置と接続されており、測定された汚染度と少なくとも1つの所定の閾値とを比較するとともに、その都度の比較結果に依存して酸素供給量を制御するように構成されている。測定装置は、汚染度の測定値を継続的に供給するのが好ましい。

【0017】管理・制御装置としてはコンピュータを用いるのが好ましい。コンピュータは例えば酸素供給用の空気圧調整装置、酸素濃度計、酸素供給装置、空気圧調整装置などを制御する。

御で開閉し、それによって特定の圧力と流量で酸素がE UVリソグラフィ装置の真空中に調節されて供給される。流量測定は、例えば流量計によって行うことができる、分圧測定は、例えば電離真空計（ベヤード・アルバート型、容量性の測定等）または残留ガス質量分析計によって行うことができる。場合により生じた余剰の酸素、ならびに反応生成物は、もともとリソグラフィ装置に設けられている1つまたは複数のポンプで排気する。

【0018】除染の速度を高めるため、150nmから300nmの間の波長の光で放射するための少なくとも1つの光源を、除染装置の枠内で設けるのが有利であることが判明している。すなわち、特に185nmまたは254nmの波長では、供給された酸素から反応性の高いオゾンが生成されるのである。本発明によれば、この少なくとも1つの光源も管理・制御装置に接続されており、紫外線の調節が酸素供給と一緒に制御される。

【0019】共振周波数の変化によって汚染表面上の質量被覆の変化に反応する、1つまたは複数の発振器によって汚染度を測定すると有利である。そのために有利な実施の形態では、少なくとも1つの測定装置が、リソグラフィ装置の内部に配置されるべき少なくとも1つの水晶マイクロバランスを有している。水晶マイクロバランスにより、被覆された水晶共振子の上の最小量の汚染でも検出することができる。

【0020】水晶マイクロバランスの検出感度は、単分子層または亜単分子層の範囲内にある。決定的に重要なのは、水晶発振子の基本周波数を正しく選択することである。この周波数が高くなるほど、水晶発振子はその汚染表面における質量変化に対して敏感に反応する。水晶発振子上の汚染被膜は、水晶発振子の基本周波数の離調として現われる。水晶発振子の周波数変化は、汚染被膜が析出したことによる質量変化に起因している。周波数変化は、質量変化と一次関数の関係にある。

【0021】別の有利な実施形態では、除染装置は、リソグラフィ装置の内部に配置された少なくとも1つの別の光源と少なくとも1つの検出器とを有している。この場合、反射性の測定によって汚染度を判定するのが好ましい。光学部材の反射性は、汚染が生じると、非常に強く汚染によって左右される。さらにこの測定方式は、生じているかもしれない汚染に対する高い感度に加えて、反射性の測定でリソグラフィ装置の重要な目標量が判定されるという利点も備えている。

【0022】同じく有利な実施の形態では、少なくとも1つの光源の光路に、光源の付近にある偏光子と、検出器の付近にある分析器とが配置される。このようにして、炭素汚染層の生成、もしくは酸化清浄化をしたときの炭素汚染層の分解を、エリブソメトリーによって追跡することができる。この場合、光源としてヘリウムネオンレーザを選択するのが好ましい。その光は、外部から適当なポート、もしくはガラス窓を介してE UVリソ

ラフィ装置に入射される。p偏光およびs偏光して反射されるレーザ光の測定に基づいて、炭素汚染層の監視が可能である。

【0023】さらに別の有利な実施の形態の要諦は、E UVリソグラフィ装置の光学部材に接続された、光電流を測定する手段を測定装置の枠内に設けることにある。E UVリソグラフィ装置のモリブデン・シリコン多層システムの上に炭素を含有する汚染層が生成されると、例えば13.4nmである極端紫外線の波長領域の適用波長で照射したときに測定することができる、光電流の変化につながる。したがって光電流の変化から、汚染層の存在と厚さとを直接的に推定することができる。

【0024】さらに別の実施の形態によれば、管理・制御装置と接続された残留ガス測定装置が設けられる。この残留ガス測定装置を用いて、残留ガス測定を通じて汚染度を求める。酸素供給によって、およびそれに伴って開始される酸化洗浄化法によって、炭素汚染層が取り除かれるので、COとCO₂の分圧の変化の測定を行うのが好ましい。炭素が酸化によって光学部材の表面から清浄化されると、これに対応するCOとCO₂の分圧がすぐに再び低下する。このような分圧の変化を、炭素を含有している汚染層の酸化除去を表す目安として利用することができる。

【0025】経済性に対する要求が、品質に対する要求よりも高い製造プロセスで使用するE UVリソグラフィ装置を除染するには、先ほど説明した汚染測定方法において、汚染度の閾値、例えば汚染層の厚さの閾値をただ1つ設定すれば十分であることが判明している。この閾値を越えると、1x10⁻¹⁰mbarから1x10⁻⁹mbarの分圧の範囲内で酸素を供給する。閾値を下回れば酸素供給を再び停止する。この場合、管理・制御装置も除染装置に応じて簡素に構成し、例えば弁別器回路として構成することができる。

【0026】なお、本方法、及び本装置の品質と効率を向上させるために、汚染度を判定する複数の方法を相互に組み合わせることが可能なのは言うまでもない。

【0027】

【発明の実施の形態】実施例を参照しながら本発明について詳しく説明する。

【0028】図面には一実施例が模式的に示されており、ここでは破線によって、E UVリソグラフィ装置の内部にある真空容器1、もしくは大型設備の場合には中にE UVリソグラフィ装置全体が配置されている真空容器1が示唆されている。真空容器1の内部には、光学部材2と水晶マイクロバランス3とがいずれも配置されている。光学部材2は、13.4nmの波長のためのモリブデン・シリコン多層システムを備えるリフレクタである。この波長で、リソグラフィ装置によってシリコンウエーハが露光される。

【0029】水晶マイクロバランス3内で、E UVリソ

グラフィ装置の内部における光学部材2と同じ条件を保つために、水晶マイクロバランス3の水晶発振子も相応のモリブデン・シリコン多層システム3を備えている。さらに水晶マイクロバランス3は、水晶発振子が、光学部材2と同じ強度、もしくは出力密度のEUV放射線にさらされるように真空容器1の内部に配置されている。

【0030】水晶発振子3上に汚染被膜が形成されると、水晶発振子の基本周波数が離調することにつながる。EUVリソグラフィ装置の作動中、水晶マイクロバランス3は、析出した汚染の質量に比例している周波数変化を通じて、照射によって析出した汚染量を継続的に測定する。

【0031】管理・制御装置であるコンピュータ4によって周波数変化が処理され、モリブデン・シリコン多層コーティングを含めた汚染のない水晶発振子の当初の基本周波数と比較される。炭素を含有する汚染層の形成によって周波数の差異が発生すると、ただちにコンピュータ4を介して酸素供給部5aの調節弁が開かれる。この調節弁を介して供給される酸素の量は、分圧測定または流量測定を通じて管理される。必要であれば、紫外放射線を生成するための水銀低圧ランプ5bも追加して接続される。真空容器1に導入された酸素は、汚染被膜を酸化分解する。追加的に水銀低圧ランプ5bによって紫外線が真空容器1に照射されると、追加的なオゾンが生成されて、これも同様に汚染被膜を分解する。

【0032】清浄化プロセス全体を通じて水晶マイクロバランス3の周波数が継続的に測定され、酸素供給量を調節する必要があるかどうか、および紫外放射線を追加的に照射すべきかどうかがコンピュータ4で判定される。そのためにコンピュータ4には、例えば測定された周波数に依存して酸素分圧および/または紫外放射線の強度を表すパラメータセットが記憶されていてよい。水晶マイクロバランスを利用して汚染度管理を行うときは、信頼性の高い周波数測定を維持するために、水晶発振子をきわめて正確に($\pm 1\text{ K}$ よりも正確に)温度管理することが必要である。

* 振子をきわめて正確に($\pm 1\text{ K}$ よりも正確に)温度管理することが必要である。

【0033】簡単な变形例では、基本周波数を閾値として利用することもできる。測定された周波数が基本周波数と等しくなければ、酸素を供給する。基本周波数に再び達すると、すぐに酸素供給を中止する。

【0034】図面に示す実施例に準じて、水晶マイクロバランス3の代わりに、光電流を測定する手段、または光源および反射性を測定する検出器、もしくは偏光子との組み合わせで汚染層厚をエリプソメトリーで決定する分析器が設けられていてもよい。さらに、酸素供給中に残留ガス分析を通じて、どれだけの汚染がすでに分解されたかを判定することができ、このデータも、汚染度管理と酸素供給量の適合化のためにコンピュータで利用することができる。

【0035】上に挙げた例は、水晶マイクロバランス3について述べたものである。当然ながら、真空容器1の内部の汚染度を正確に判定できるようにするために、真空容器1の内部のさまざまな部位に水晶マイクロバランスまたはその他の測定手段が設けられていてもよい。それに応じて複数の酸素供給配管5a及びこの調節弁が設けられていてよく、それにより、異なる汚染度に応じて局所的に異なる酸素分圧を設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、除染度を管理するため、もしくは汚染を取り除くための制御回路を示す模式的な概略図である。

【符号の説明】

1 …… 真空容器

2 …… 光学部材

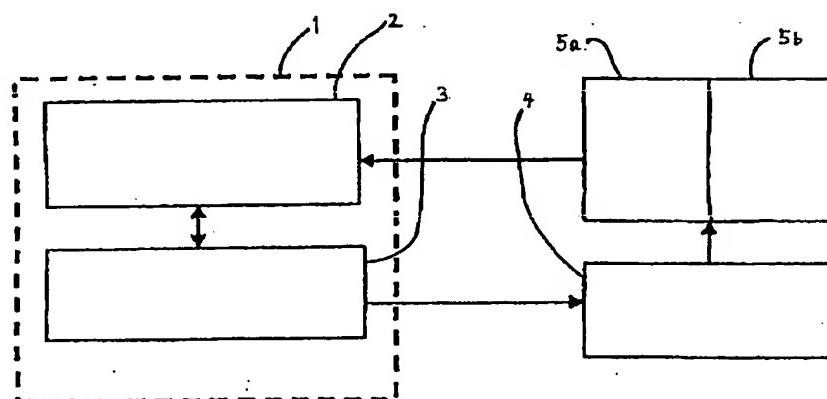
3 …… 水晶マイクロバランス

4 …… 管理・制御装置（コンピュータ）

5a …… 酸素供給部

5b …… 水銀低圧ランプ

【図1】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H097 CA15 LA10
SF046 AA22 BA03 CB02 DA01 DA12
DA27 DB14 DC08 GA03 GA14
GB01